

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra automatizační techniky a řízení

Využití zařízení virtuální reality pro výuku

Virtual Reality and its Use in Education

Student:

Marek Halška

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Pavel Smutný, Ph.D.

Ostrava 2018

Zadání bakalářské práce

Student:

Marek Halška

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

3902R001 Aplikovaná informatika a řízení

Téma:

Využití zařízení virtuální reality pro výuku
Virtual Reality and its use in Education

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se a popište dostupná zařízení virtuální reality.
2. Proveďte průzkum trhu a popište dostupné výukové aplikace z oblasti virtuální reality.
3. Proveďte analýzu a popište možnosti tvorby vlastních aplikací pro zařízení Oculus Rift.
4. Navrhněte vlastní aplikaci pro zařízení Oculus Rift.
5. Zhodnoťte dosažené výsledky a navrhněte směry dalšího řešení.

Seznam doporučené odborné literatury:

JENČO, Branislav. Principy imerzivnej virtuálnej reality: skúsenosti pri spracovaní vlastného projektu [online]. Brno, 2016 [cit. 2017-09-27]. Dostupné z: <http://is.muni.cz/th/397519/fss_m/>. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Fakulta sociálních studií. Vedoucí práce Leo Nitče.

Oculus: Developers. Oculus.com [online]. USA: Oculus VR, 2017 [cit. 2017-09-27]. Dostupné z: <https://developer.oculus.com/>

Oculus Rift: The Ultimate Guide. VRheads [online]. USA: Mobile Nations, 2017 [cit. 2017-09-27]. Dostupné z: <https://www.vrheads.com/oculus-rift>

TUREK, Boris. Oculus Rift a jeho využití ve vzdělávání [online]. Brno, 2016 [cit. 2017-09-27]. Dostupné z: <<http://theses.cz/id/x0n6wk/>>. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Filozofická fakulta. Vedoucí práce RNDr. Michal Černý.

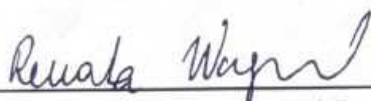
VEČEŘA, František. Moderní digitální technologie ve školství - škola budoucnosti [online]. Olomouc, 2017 [cit. 2017-09-27]. Dostupné z: <<http://theses.cz/id/abuk3e/>>. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Pedagogická fakulta. Vedoucí práce doc. Ing. Čestmír Serafín, Dr..

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Pavel Smutný, Ph.D.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018



doc. Ing. Renata Wagnerová, Ph.D.
vedoucí katedry





doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 18. května 2018

.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- было с́еднано, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- было с́еднано, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 18. května 2018

.....

Podpis studenta

Marek Halška

Heřmanická 1280

Rychvald, 735 32

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce Ing. Pavlovi Smutnému, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce. Zvláště děkuji za jeho vstřícnost při vypracovávání praktické části.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

HALŠKA, Marek. *Využití zařízení virtuální reality pro výuku : bakalářská práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra automatizační techniky a řízení, 2018, 42 s. Vedoucí práce: Ing. Pavel Smutný, Ph.D.

Bakalářská práce popisuje možnosti vytváření aplikací virtuální reality v prostředí Unity pro zařízení Oculus Rift. V této práci jsou popsány tvorby dvou aplikací pro virtuální realitu. Jedna z aplikací je zaměřená na výuku s pomocí 360° kamery. Druhá aplikace je plně vymodelovaná a interaktivní. Uživatel si zde může vyzkoušet uchopování a přenášení předmětů a mnohé další funkce. V konečném zhodnocení jsou popsány i další možnosti vývoje.

Klíčová slova: Virtuální realita, Oculus Rift, Unity 3D, Vzdělání

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

HALŠKA, Marek. *Virtual Reality and its Use in Education : Bachelor Thesis*. VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Control Systems and Instrumentation, 2018, 42 p. Thesis head: Ing. Pavel Smutný, Ph.D.

The bachelor thesis describes possibilities of creating applications in engine called Unity for Oculus Rift. This thesis explains the creation of two applications for Virtual reality. One of them is focused on education thanks to 360° camera. The second one is fully developed and interactive. The user can try to grab and carry items and many other features. Further development options are described in the final evaluation.

Key words: Virtual reality, Oculus Rift, Unity 3D, Education

Obsah

| | |
|--|-----------|
| SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK | 8 |
| ÚVOD..... | 9 |
| 1 ROZDÍLY MEZI VIRTUÁLNÍ A ROZŠÍŘENOU REALITOU A JEJICH ZARÍZENÍ..... | 10 |
| 1.1 ROZŠÍŘENÁ REALITA | 10 |
| 1.2 VIRTUÁLNÍ REALITA | 11 |
| 1.3 KOMERČNÍ ZARÍZENÍ PRO VR..... | 12 |
| 1.3.1 Google Cardboard | 12 |
| 1.3.2 HTC Vive | 13 |
| 1.3.3 PlayStation VR..... | 14 |
| 1.3.4 Oculus Rift | 14 |
| 2 VR APLIKACE PRO VÝUKU | 16 |
| 2.1 EXPEDITIONS | 16 |
| 2.2 ANATOMYOU | 17 |
| 2.3 TILT BRUSH | 18 |
| 2.4 UNIMERSIV | 18 |
| 2.5 VIRTUÁLNÍ REALITA VE VZDĚLÁVÁNÍ | 19 |
| 2.6 OCULUS VE VZDĚLÁVÁNÍ | 20 |
| 3 TVORBA VLASTNÍCH APLIKACÍ - VR..... | 22 |
| 3.1 POPIS PROSTŘEDÍ APLIKACE | 23 |
| 3.2 VÝVOJOVÉ PROSTŘEDÍ..... | 25 |
| 3.3 ASSET STORE | 25 |
| 3.4 PUBLIKACE APLIKACE | 26 |
| 4 NÁVRH A VYTVOŘENÍ VLASTNÍ APLIKACE VR PRO VÝUKU | 27 |
| 4.1 ZÁKLADNÍ VYTVOŘENÍ HRÁČE | 28 |
| 4.2 VIRTUÁLNÍ PROHLÍDKA LABORATOŘE | 29 |
| 4.3 VÝUKA POMOCÍ VR..... | 31 |
| 5 ZHODNOCENÍ APLIKACÍ | 36 |
| 6 ZÁVĚR..... | 38 |
| 7 LITERATURA | 40 |

Seznam použitých značek

AR – Rozšířená realita (Augmented reality)

Asset Store – Obchod s předměty pro Unity

Engine – Jádro počítačové hry, databázového stroje nebo programu

Headset – Helma k zobrazení Virtuální reality

HMD – Projekční helma (Head mounted display)

PS4 – Herní konzole Playstation 4

VR – Virtuální realita (Virtual reality)

Úvod

Hlavním tématem bakalářské práce je virtuální realita a její využití ve vzdělávání. Toto téma jsem si zvolil hlavně z toho důvodu, že se zajímám o moderní technologie a rád poznávám nové věci a jsem rád, že mohu využít své znalosti o technologiích v této oblasti. Téma virtuální realita a její využití ve vzdělávání mne velice nadchlo. Virtuální realita je v dnešní době jedním z hlavních směrů, kam se svět techniky posouvá a otevírá se v ní velká budoucnost. Jedná se o realitu, která je uměle vytvořena a člověk se do ní plně ponoří. Toto přináší mnoho výhod, které se dají využít, a které bych rád popsal. Ve formě učení a vzdělávání se, dává virtuální realita úplně nový rozhled a možnosti. V mé bakalářské práci se budu zabývat nejrozšířenějšími zařízeními, která pro VR existují a také popisem, jak se daná zařízení používají. Jako dalším bodem se budu zabývat vzdělávacími aplikacemi pro jednotlivá zařízení. Budu se snažit co nejvíce aplikací odzkoušet na vlastní kůži. Pokusím se popsat dostupné aplikace nejen pro vzdělávání jednotlivce, ale i pro učení se ve skupinách, například celé třídy. Získáním informací a zmapováním trhu si chci vytvořit o dané problematice komplexní názor a dále se zabývat řešením dané problematiky. Další bod, který budu popisovat, bude vývoj vlastní aplikace. Nejdříve popíšu možnosti vývoje a následně vysvětlím tvorbu vlastní aplikace. Součástí mé bakalářské práce budou dvě aplikace, které sám vytvořím a jsou zaměřeny na vzdělávání pomocí VR. Je velice obtížné dostat virtuální realitu na papír a popsat ji. Zkusím tuto těžkou úlohu zpracovat a vložit aspoň pár obrázků pro představu, co virtuální realita opravdu je a jaký má na nás obrovský dopad. Rád bych také zmínil vize do budoucna, co se této oblasti týče a navrhnul směr, kudy by výukové aplikace pro VR mohly směřovat.

1 Rozdíly mezi virtuální a rozšířenou realitou a jejich zařízení

Jako první je třeba si ujasnit a přesně definovat, jaký je rozdíl mezi virtuální a rozšířenou realitou. Liší se totiž v mnoha ohledech na výkonnost hardwaru, použití v praxi, programování atd. Tyto oblasti jsou s námi již několik let, ovšem až nyní se začínají využívat v širším měřítku na úrovni komerčního využití. Mnoho odborníků vidí v těchto oblastech velkou budoucnost a směr, kterým technologie budou nyní směřovat a dále se rozvíjet.

1.1 Rozšířená realita

Augmented reality zvaná jako “AR“ česky přeloženo jako rozšířená realita. Jedná se o technologii, která doplňuje reálný obraz v aktuálním čase. Pomocí různých zařízení, například mobilního telefonu, můžete doplnit obraz reality o různé informace týkající se objektu. Zařízení získává informace z kamery, která zajišťuje obraz a vyhodnocuje prostředí. Dále pak z GPS, která získává informace o poloze, akcelerometru a kompasu, znamená to, že například při namíření telefonu na budovu se vám zobrazí název budovy, otevírací doba, a různé další informace. Obraz, který vkládáme do reality, může být například text, statická grafika, 3D video animace, apod. (Horyna 2017, Večeřa 2016)



Obrázek 1 Využití rozšířené reality (Horyna, 2017)

1.2 Virtuální realita

Název virtuální realita je nejčasněji skloňován, ovšem v literatuře se můžeme setkat i s pojmy umělá realita, kyberprostor či prostředí. Definic, jak popsat virtuální realitu najdeme nepřeberné množství. Nejvýstižněji ji definuje Lanier: „počítačem vytvořené interaktivní trojrozměrné prostředí, do něhož se člověk totálně ponoří.“ (Aukstakalnis, Blantner, 1994, s. 11). Můžeme vnímat zpětnou odezvu ve formě zvuků, vibrací, atd. Většina ze současných zařízení pro virtuální realitu využívá pro zobrazení prostředí 3D brýlí. Jedná se také o nový způsob řízení počítače bez použití klávesnice a myši. Budu se zabývat vnímáním prostředí pomocí tří nejdůležitějších smyslů, kterými jsou zrak, hmat a sluch. (Voženílek 2016, Jenčo 2016)

U virtuální reality existuje hned několik znaků, kterými se vyznačuje.

- V reálném čase může uživatel reagovat na podněty, které na něj působí.
- Snaha o co nejrealističtější využití iluze v 3D prostoru.
- Můžeme měnit prostředí virtuální reality a volně se v něm pohybovat.
- Prostředí dává zpětnou vazbu uživateli.



Obrázek 2 Zařízení pro Virtuální realitu - Oculus Rift (Pita, 2017)

1.3 Komerční zařízení pro VR

Na trhu existují desítky zařízení, které podporují virtuální realitu, ovšem bylo by skoro nemožné popsat je všechny. Zaměřím se proto na dostupná zařízení pro VR používaná pro komerční využití. Popíšu několik nejlepších a nejznámějších zařízení, které jsou přitom cenově dostupné.

1.3.1 Google Cardboard

Jedná se o cenově nejlevnější variantu. Je to jednoduchá kartonová krabice, kterou si složíme do tvaru brýlí. Jediné co potřebujeme, je chytrý telefon, který většina z nás nosí v kapse. Jednoduše na telefonu nastavíme VR aplikaci, hru nebo video a vložíme do brýlí. Displej v telefonu se rozdělí na dvě poloviny. Krabici si následně stačí jen přiložit k očím a sledovat. Telefon zaznamenává pohyby hlavy, takže každý pohyb zaznamená a umožní vám zpětnou vazbu. Oči si sice musí zvyknout na změnu prostředí a po delším používání z toho může trochu bolet hlava, ale to hrozí u každého zařízení pro VR. Velkou výhodou je cenová dostupnost okolo 100 Kč. Také není potřeba připojovat žádné další zařízení, kde probíhají výpočty. Vše se odehrává v mobilním telefonu. To znamená, že nikde nevedou žádné kabely a proto je zde možnost větší volnosti pohybu. Vedle Google Cardboard existují skládací verze brýlí, které fungují na stejném principu. Taktéž se vyrábí verze v různých plastových provedeních. (Alza.cz, 2018)



Obrázek 3 Google cardboard (Alza, 2018)

1.3.2 HTC Vive

Tento Head mounted display (HMD) od firmy HTC je mezi uživateli jedno z nejpoužívanějších zařízení. Nejen díky skvělému designovému zpracování, ale také pro jeho funkčnost. Uchycení na hlavu je uděláno jinak než u konkurence. Samotné brýle jsou vyrobeny z černého, velice odolného plastu a kolem hlavy si je uživatel upevní pomocí speciálních popruhů na suchý zip. Po nasazení brýlí má uživatel k dispozici obrazovku s rozlišením 1080 x 1200 pixelů na každé oko s obnovovací frekvencí 90 Hz. Součástí headsetu jsou integrované senzory pohybu, kamera a vypínač s kontrolkou aktivity. Kamera slouží k přepnutí na reálný obraz, když se chcete třeba natáhnout pro pití a nechcete si sundávat celé zařízení z hlavy. Slouží také k jemnému ohraničení prostoru. Když se totiž blížíte k vyznačené hranici ve VR, začne se pozvolna objevovat skutečná realita, ať víte, že se blížíte k překážce. Celá kabeláž a napojení k PC je vyvedena za hlavou včetně konektoru na připojení sluchátek. Na spodní straně brýlí je umístěn regulátor pro správné nastavení ohniska čoček přímo pro uživatele. V obsahu balení se nachází i dvě základové stanice. Tyto statice jsou velice důležité pro vymezení herního prostoru a určení polohy brýlí a ovládačů. Mezi stanicemi emitují laserové paprsky, které vyplňují herní prostor. Následně jsou paprsky zachytávány fotodiodami, které jsou na ovládacích či headsetu. Poloha je tedy určena ve vztahu k těmto zdrojům světla. Stanice by měly být postaveny výše, než je samotný hráč a připojení k napájení. Také musí být umístěny do úhlopříčných rohů herního prostoru a nastavené proti sobě. Součástí balení jsou i dva ovladače, do každé ruky jeden. V těchto ovládacích se také nachází senzory pohybu. Pro ovládání je na ovladači umístěn kruhový trackpad s dvěma tlačítky Menu a Systém. Po straně je umístěno tlačítko Grip a na spodní straně tlačítko spouště Trigger. Jako další komponenta v balení se nachází Link Box, který slouží k celkovému propojení s PC. Kabel, který propojuje headset s Link boxem je dlouhý 4,5 m. Je tedy dobré jej umístit blízko herního prostoru, aby nedošlo k žádnému poškození při používání. Dostávám se tak k další neméně důležité části a to je výkonné PC. Pro zajištění hraní, potřebuje HTC Vive velice výkonný počítač, zejména je zde kladen důraz na výkonnou grafickou kartu. Cena zařízení s dvěma ovladači a pohybovými senzory se na trhu pohybuje okolo 17 900 Kč. (Vive 2018, Kejklus 2016, Alza.cz 2018)

1.3.3 PlayStation VR

Tyto brýle pro VR mají zvlášť futuristický vzhled. Pro jejich využívání potřebujete PS4 kameru, která snímá pohyb hráče. Ovladač můžete využít buď klasický DUALSHOCK 4 nebo pro větší pohyb a zážitek ze hry, pohybové ovladače PS Move, do každé ruky jeden. V neposlední řadě samozřejmě samotnou konzoli PS4. V porovnání s HTC vive či Oculus Rift se jedná o nejlevnější variantu. Samotné brýle mají v sobě zabudovaných gyroskop a akcelerometr. Také je na vnější straně umístěno 9 LED diod, které jsou snímány právě speciální PS kamerou. Obnovovací frekvence je 60 Hz až 120 Hz a zorný úhel 100 stupňů. V zařízení je zabudován 5,7 palcový OLED displej s rozlišením 1920 x 1080 pixelů. Zdálo by se, že toto rozlišení je pro člověka dostačující, jenomže se rozděluje pro každé oko, tudíž se jedná o 960 x 1080 pixelů na jedno oko. Náročným uživatelům, zaměřeným na detail nestačí ani rozlišení 2K. Cena setu se zařízením, dvěma ovladači a kamerou je 8 990 Kč. (PlayStation VR 2017, Alza.cz 2018)

1.3.4 Oculus Rift

Samotná firma Oculus patří k průkopníkům ve VR. Firma začínající jako startup, získala neuvěřitelnou podporu a díky ní se začala VR propagovat v masovém měřítku a znamenala obrovský průlom v tomto odvětví. V současné době firmu vlastní společnost Facebook, která s ní má jistě velké plány.

Nyní se zaměřím na samotný headset. Brýle jsou vyrobeny z tvrdé umělé hmoty a jsou olemovány látkou s pevnou a odolnou strukturou. Při nasazování brýlí má hráč na temeni hlavy plastovou část, která je přes hlavu spojena pevným suchým zipem. Tímto je tato konstrukce spojena a nabízí pevné zafixování na hlavě. Při správném nastavení je zajištěna velice pevná fixace. Rozlišení dvojice OLED displejů je 2160 x 1200 pixelů, což znamená 1080 x 1200 pixelů pro každé oko. Obnovovací frekvence je 90 Hz. Oculus nabízí k headsetu vestavěná sluchátka, která na první pohled působí laciným dojmem. Ovšem při používání se opak jeví pravdou a sluchátka jsou kvalitní a odbourávají obavy je odmontovat a používat sluchátka vlastní. Veškerá kabeláž je odvedena za hlavou přímo do PC. Součástí balení je i snímač pohybu, který hráč umístí před sebe do prostoru. Tento snímač zachycuje pomocí infračervených LED, jak umístění brýlí v prostoru, tak směr pohledu. Pro jednoduché ovládání může hráč použít ovladač pro Xbox One nebo nové Oculus Touch ovladače. Většinu her a aplikací s Xbox ovladačem ovládá hráč v sedě. Naopak s Oculus Touch ovladači se hráč dostává do pozice ve stoje a získává tak větší prožitek ze hry a pohybu v samotném prostoru. S tím přibývá i druhý snímač pohybu pro lepší určení pohybu brýlí i ovladačů. Umístění pro dva senzory pohybu je v opačných

rozích místnosti tak, aby se vzájemně viděly. Při instalaci je důležité pomocí průvodec vymežit hrací prostor. K tom poslouží právě Oculus Touch ovladače, kterými lze vymežit prostor pohybem nad místy, kde se hráč může regulérně v místnosti pohybovat tak, aby nenarazil do okolních předmětů. Dále již samotný systém vytyčí nejlepší přesnou hrací plochu, ve které se následně hráč může pohybovat. Oculus Rift s dvěma ovladači a pohybovými senzory stojí 13 990 Kč. (Oculus Rift VR 2017, Alza.cz 2018)

Tabulka 1 Srovnání zařízení pro VR

| Model | Oculus Rift | HTC Vive | PS VR |
|--|--|---|--|
| Rozlišení | 2160 x 1200 p. | 2160 x 1200 p. | 1920 x 1080 p. |
| Hmotnost | 0,467 kg | 0,549 kg | 0,607 kg |
| Obnovovací frekvence | 90 Hz | 90 Hz | 90 Hz, 120 Hz |
| Potřebný hardware (minimální požadavky) | GPU: NVIDIA GeForce GTX 970 4GB / AMD R9 290 CPU: Intel i5-4590 RAM: 4GB | GPU: NVIDIA GTX 970 / AMD R9 290 CPU: Intel i5-4590 RAM: 8 GB RAM | Playstation 4 |
| Obsah balení | Headset 2x Ovládač Oculus Touch 2x Snímací stanice pohybu | Headset 2x Ovládač 2x Snímací stanice pohybu | Headset 2x Ovládač - PS Move PS Kamera |
| Cena | 13 990 Kč | 17 900 Kč | 8 990 Kč |

2 VR aplikace pro výuku

Aplikace pro VR se mohou využívat na jakémkoliv zařízení, které jsem výše popsal. Existuje mnoho aplikací pro mobilní telefony, které s kombinací s Google Cardboard poslouží jako dokonalý nástroj pro většinu aplikací pro učení. Na druhé straně existují o něco více propracovanější aplikace, které firmy vyvíjí pro určité headsety.

Velkou výhodou výuky ve virtuální realitě je samotný zájem studenta. Mnoho z nich již v dnešní době nedokáže udržet pozornost a poslouchat vyučujícího celou hodinu. Mnohdy je také výklad pro studenta monotónní, nezajímavý, těžce pochopitelný a hlavně složitě představitelný. Je povzbudivé, že tady existuje skvělá učební pomůcka, která na mnoha školách již slouží k výuce. Jedná se o virtuální realitu. Existuje mnoho aplikací pro učení, ať už pro jednotlivce, tak pro celé třídy. Při využívání VR funguje tzv. „wow efekt“. Celou třídu to zaujme, protože se jedná o novou věc, která každého nadchne a chce si ji zkusit. Při nasazení brýlí pro VR zažijí studenti úplně jiný typ výuky. Přenesou se například k pyramidám v Gíze nebo uvidí, jak fungují části lidského těla. (Vojtěch, 2016)

V další části popíši nejzajímavější aplikace pro učení pomocí VR od různých vývojářů. Jedná se o aplikace na různé typy zařízení a pro různorodá odvětví.

2.1 Expeditions

Tato aplikace byla vyvinuta firmou Google. Jedná se o aplikaci, která se nachází na App Store či Google Play. Jde jednoduše stáhnout do chytrého telefonu a využívat například s Google Cardboard. Aplikace je hodně povedená a uživatelsky přívětivá. Uživatel podniká různé expedice novým prostředím, kde uvidí nejen 3D obraz, ale také popisky k daným objektům. Aplikace nabízí různé kategorie pro výuku. Pro představu uvedu několik kategorií.

- Umění a kultura
- Krajiny
- Věda
- Příroda
- Dnešní Svět
- Kariéra

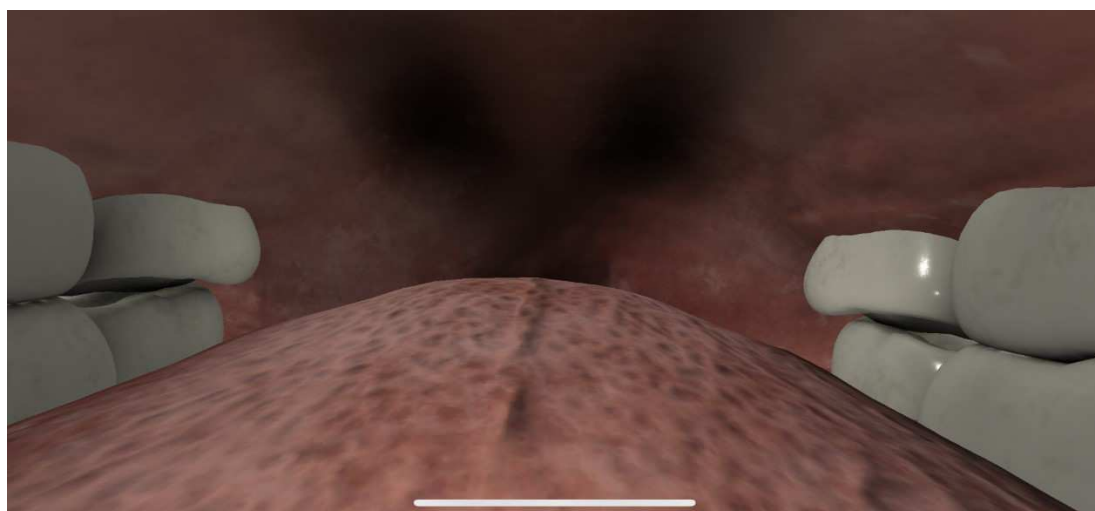
Expedice může uživatel procházet samostatně a poznávat nové věci. Ovšem je zde i skvělá funkce průvodce. Kdy je více zařízení připojených jako pozorovatelé a všechny je řídí průvodce (vyučující). Ten si může vymyslet například na konci prezentace otázku a provádět výuku tak, jak mu vyhovuje. (Hodál, 2017)



Obrázek 4 Použití Google Cardboard s aplikací Expeditions při výuce (Google UK, 2016)

2.2 Anatomyou

Tato aplikace je primárně určena pro studenty lékařských fakult případně zájemců o anatomii. Pomůže uživateli vniknout do útrob lidského těla a podívat se na různé funkce orgánů. V této aplikaci si může uživatel projít například dýchací soustavou, trávicí, žilní, lymfatickou apod. Při spuštění prohlídky se kamera pohybuje v přesně dané trajektorii a prochází celým ústrojím. Uživatel se může otáčet ve kterémkoliv směru a spouštět si informační popisky u jednotlivých orgánů. Celý proces prohlídky si může zrychlit či zpomalit nebo se podívat v náhledu, ve které části těla se zrovna nachází. Jedná se o aplikaci, kterou si uživatel může stáhnout na svůj Smartphone na systémech Android či iOS a požívat například pomocí Google Cardboard.



Obrázek 5 Snímek z aplikace Anatomyou

2.3 Tilt Brush

Toto je další skvělá aplikace od firmy Google, která se v poslední době hodně zajímá virtuální realitou a daří se jí to. Byla vytvořena s podporou zařízení Oculus Rift a HTC Vive. Aplikace nadchne spíše umělecky zaměřenou skupinu lidí. V hojném počtu tuto aplikaci používají designéři a návrháři pro své nápady. Jedná se totiž o prostředí, kde uživatel kreslí ve 3D prostoru cokoliv ho napadne. Na obrazovce je zobrazen panel nástrojů, kterým můžete měnit používané nástroje či barvy. Aplikace nabízí možnost verzi multiplayer. Znamená to, že více umělců může pracovat na jednom projektu ve stejném čase a zapojit se do vytváření. Zajímavou částí je také sdílení projektu. Uživatel jej může vyfotit z libovolného pohledu, který si vybere. Dokonce může vytvořit video s prohlídkou jeho výtvaru a podrobným popisem a to následně sdílet. S touto aplikací získává studium umění další rozměr a výuka s ní je mnohem zábavnější a jednodušší. (Ion, 2017)



Obrázek 6 Ukázka aplikace Tilt Brush (Ion, 2017)

2.4 Unimersiv

Jedná se o firmu se stejnojmennou aplikací, která se na virtuální realitu dívá trochu jiným pohledem než ostatní společnosti. Zabývá se převážně aplikacemi pro výuku ve školství, popřípadě školeními v různých odvětvích pro firmy. Web unimersiv.com byl založen převážně pro učitele a pedagogy, kteří hledají nové výzvy a možnosti výuky. Také pro vývojáře, kteří chtějí programovat aplikace pro vzdělávání v různých oborech. Při zpoplatnění aplikace si Unimersiv jakožto distributor bere 25% z výtěžku. Hlavním

motivem je vytvoření nového média v oblasti vzdělávání. Publikují články se zaměřením na nové trendy v oblasti VR i návody pro nováčky v této oblasti programování. Společnost vydává své aplikace pro Oculus Rift, HTC Vive, Google Cardboard atd. Již nyní mají na svém kontě mnoho povedených aplikací. Za zmínku jistě stojí prohlídka dinosaurů, potopení lodi Titanic, návštěva mezinárodní stanice ve vesmíru, ukázka antického Říma a mnohé další. Všechny tyto aplikace jsou zaměřené na poznávání nového prostředí a učení. Společnost navazuje mnohé spolupráce se školami v USA a Anglii. (Unimersiv 2015, Turek 2016)



Obrázek 7 Prostředí aplikace Unimersiv

Následující body této práce budou věnovány zhodnocení, zda je virtuální realita vhodná pro výuku či nikoli. Zhodnotím plusy a mínusy tohoto odvětví s důrazem na použití právě Oculus Rift.

2.5 Virtuální realita ve vzdělávání

Virtuální realita je tady s námi již několik let, ovšem není ještě dostatečně rozšířena ve vzdělávání. VR přináší značné zjednodušení ve výuce v mnoha odvětvích. Za zmínku stojí jistě medicína a výuka chirurgů ve virtuálním operačním sále. Díky HMD si budoucí doktor může simulovat různé operace na virtuálním pacientovi předtím, než bude operovat na skutečném lidském těle. V tomto odvětví je nejdůležitější využití hmatových zařízení, které velice citlivě detekují tlak. Bylo by dobré v tomto odvětví vždy vymýšlet nové postupy učení a zdokonalování se. (Matisek, 2017)

Dalším velkým odvětvím využití VR je letectvo, kde si budoucí piloti mohou vyzkoušet své dovednosti a simulovat si různé situace, které je mohou ve vzduchu potkat jako je například nepříznivé počasí, hrozící srážka s druhým letadlem a mnoho dalších.

Díky simulátorům je možné si vyzkoušet vzlet, přistání, ztrátu motoru a další krizové situace, které jsou velice náročné na lidskou psychiku a pilot se s nimi musí umět vypořádat s klidnou hlavou a tyto situace vyřešit. Díky technologii VR je simulování letu daleko realističtější a kvůli tomu je na opravdové letadlo mnohem lépe pilot připraven. (Prosser, 2017)

Vhodný příklad také dává nápravné zařízení v Americkém Coloradu. Zde jsou umístěni vězni, kteří jsou zavřeni za mřížemi přes 30 let a připravují se na návrat do běžného života. Pro tyto lidi je návrat neuvěřitelně složitý, neboť neznají moderní technologie, jako jsou například počítač nebo mobilní telefon. V tomto zařízení ovšem existuje program, který pomáhá vězňům s návratem do společnosti. Pomocí zařízení pro virtuální realitu poznávají nejen moderní technologie, ale také simulují běžné situace, které je v životě na svobodě mohou potkat. Jako příklady zde můžu uvést učení prát si prádlo, nakupování v obchodech pomocí kreditní karty nebo vyhýbání se potyček s jinými lidmi, kteří jsou na ně agresivní. (Vice Media, 2017)

Virtuální realita v dnešní době zažívá převratný bod, kdy se o ní začíná více mluvit a lidé se o ni zajímají i díky cenově dostupnějším zařízením na trhu. Díky většímu počtu různých článků a diskuzí roste i potenciál VR. Mnoho analytiků doufá, že tento růst pomůže větší integraci zařízení do škol a vzdělávacích institucí.

2.6 Oculus ve vzdělávání

Pro využití Riftu ve vzdělávání je třeba si uvědomit jeho silné, ale i slabé stránky. Při výuce na školách je třeba si uvědomit, že Oculus stanovil věkovou hranici pro jeho bezpečné používání nad 13 let. Ještě je velmi krátká doba a málo vědeckých publikací na to, aby bylo možné vyvodit jednoznačný závěr, jak ovlivňuje VR a jednotlivá zařízení jako Oculus Rift naše zdraví.

Je možné popsat jeho silné stránky. Oculus po velkém komerčním úspěchu byl odkoupen firmou Facebook a to otevřelo další možnosti. Integrace do velkých firem a možnosti učení se pomocí VR. Hlavními plusy při používání jsou interakce v reálném čase, vysoká míra zapamatování si informací, zkušenost z pohledu první osoby, okamžitá změna prostředí, vysoká míra integrace. Člověk si pamatuje více věcí, když je sám prožije, než když je například přečte z knížky. Oculus prezentuje obsah v reálném čase s různými prvky učení. Co se týče vylepšení zařízení před konkurencí, stojí za zmínku technické specifikace. Využití OLED displeje s rozlišením 2160 x 1200 pixelů je mnohdy lepší, než při používání mobilního telefonu s Google Cardboard. Uživatel je plně vtáhnut do prostředí a přenesen do centra dění události s možností interakce díky ovládačům.

Dnešní generace dětí je známá jako generace, která si jednoduše osvojí nové technologie. Pro tuto generaci je tedy velice nenáročné a zábavné zařízení používat a klasická výuka ve školních lavicích jim přijde nudná a nezábavná.

Mezi slabé stránky Oculusu patří cena a vysoké hardwarové požadavky. Rift totiž potřebuje výkonný počítač, jehož cena se také počítá do desetitisíců. Jako další je třeba zohlednit zdravotní rizika s používáním HMD, která díky krátkosti používání nejsou úplně přesně známa. Dalším faktorem je potřeba uvést pohodlnost. Rift je navržen tak, aby byl co nejpohodlnější a uživatelsky nejpřívětivější. Je nutné uvážit, že zařízení váží skoro půl kilogramu. Při dlouhodobém používání již může být HMD nepohodlný. (Hunt, 2017)



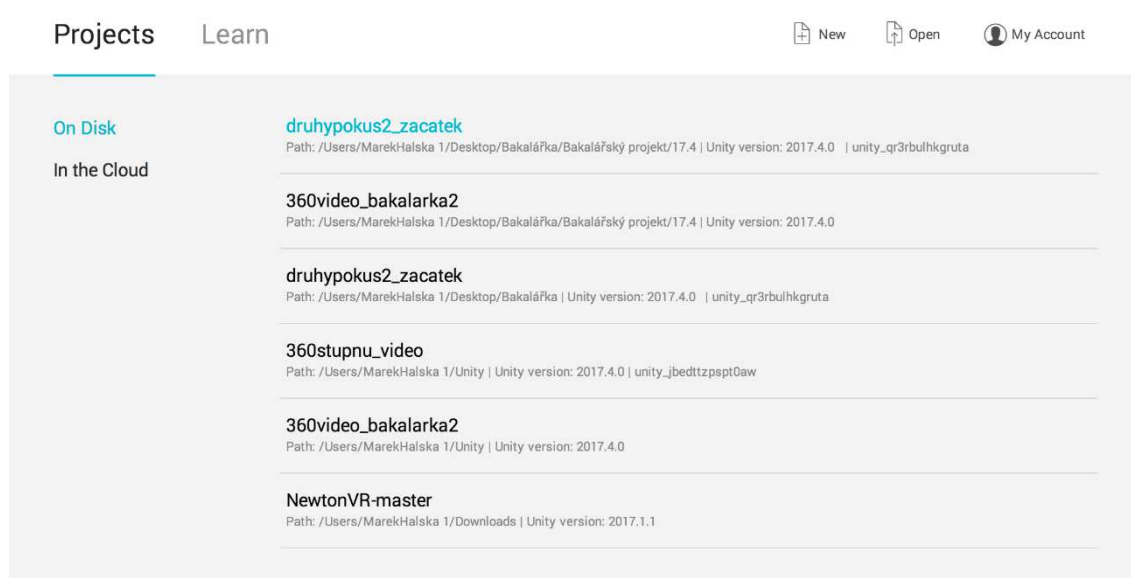
Obrázek 8 Zařízení Oculus rift při používání (Hunt, 2017)

Dle mého názoru je ve VR a učení se v tomto prostředí velká budoucnost. Školy a vzdělávací instituce by měly vkládat mnohem více prostředků do těchto nových metod výuky. S ohledem na novou generaci dětí narozených po roce 2000, zvaných také „virtuální generace“, přináší tato technologie dokonalé spojení. Přináší to nejenom zlepšení znalostí samotných žáků, ale také zjednodušení práce pro učitele. Je smutná pravda, že 90% obsahu aplikací pro Oculus Rift tvoří hry. Ovšem čím dál více světových společností se zajímá o problematiku studia ve VR, podporuje její vývoj a tvoří známé aplikace pro studium. Je proto třeba zapojit mnohem více škol a podporovat tento posun v celosvětovém měřítku, jak se o to snaží například společnost Unimersiv.

3 Tvorba vlastních aplikací - VR

V této části mé práce se budu zabývat tvorbou vlastních aplikací pro zařízení Oculus Rift. Na oficiálním webu pro developery jsou dostupná dvě vývojová prostředí Unity 5 a Unreal Engine. Programy jsou si hodně podobné a oba jsou uživatelsky velmi přívětivé. Pro svou práci jsem si vybral Unity 5, pro který existuje více návodů a praktických ukázek. Popíši program Unity, který slouží pro vývoj a tvorbu aplikací, jak pro výše zmíněný headset, tak pro mnohé jiné systémy a zařízení. Díky tomuto programu mohou developři vyvíjet programy či hry také na telefony s operačními systémy Android, iOS a mnohé další, například herní konzoli Xbox. Pokusím se ukázat, jak aplikace Unity vypadá, popsat její základní vlastnosti a možnosti tvorby vlastního virtuálního prostředí. Tato práce popisuje virtuální realitu, tudíž se v popisu aplikace zaměřím na vývoj v 3D prostředí a integraci do Oculus Rift a jiných platforem podporující VR. Celá aplikace je v angličtině.

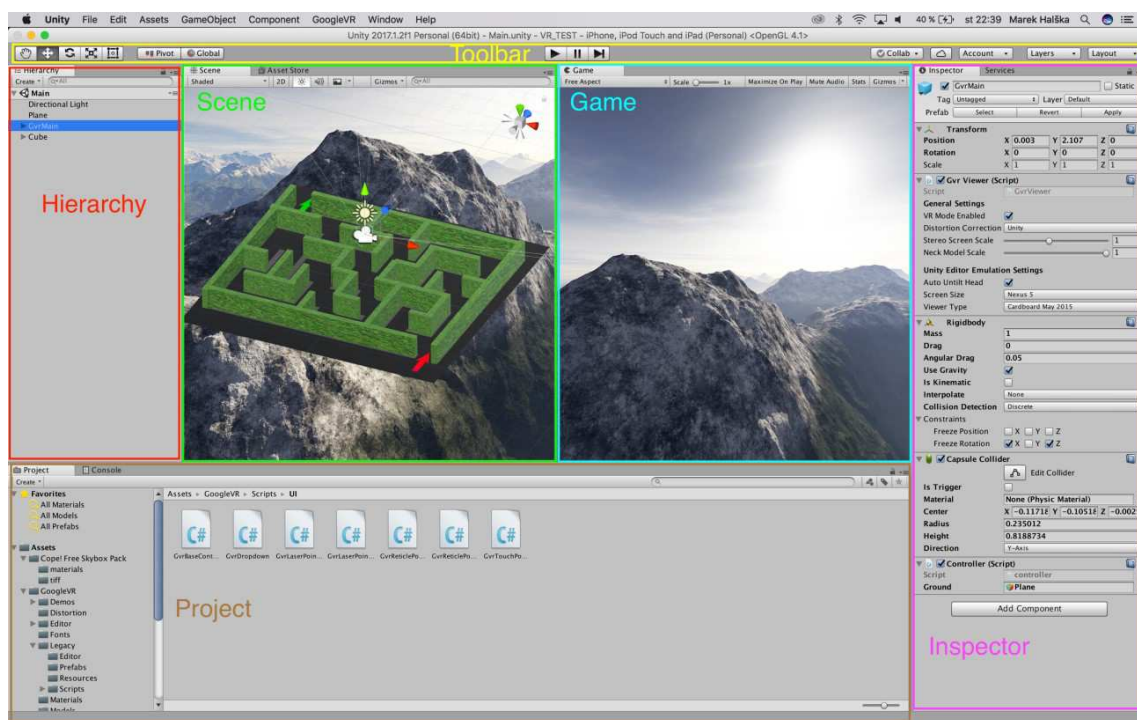
Ihned po spuštění aplikace se ukáže úvodní okno, kde se uživatel přihlásí pod svým účtem nebo se zaregistruje. Toto okno lze vidět na obrázku níže. Po rozkliknutí nového projektu si může uživatel rozhodnout, kam se bude aplikace ukládat, zda bude programovat v 3D nebo 2D prostředí a jak se bude jeho nový projekt jmenovat. Po potvrzení všech náležitostí se otevře samotné vývojové prostředí, kde autor může vyvíjet svou aplikaci nebo hru. Program Unity nabízí mnoho kurzů učení pro začátečníky i pokročilé, kde se člověk může naučit, jak správně používat různé nástroje a jak celkově vytvořit nějakou hru. (Oculus/developers, 2018)



Obrázek 9 Úvodní okno

3.1 Popis prostředí aplikace

Při spuštění nového projektu se v aplikaci ukáže vývojové prostředí. Nyní popíši hlavní části, které se v Unity nacházejí. Umístění jednotlivých oken si uživatel přizpůsobuje potřebám. Jejich uspořádání se dá jednoduše měnit. Tento projekt slouží pouze pro ilustraci.



Obrázek 10 Vývojové prostředí programu Unity 5

Project

Při vytvoření nového projektu se vytvoří složka Assets, kde se ukládají veškeré soubory pro daný vývoj aplikace. Pokud chce uživatel využít jakéhokoli prvku ve své aplikaci, například obrázek, stačí jednoduše přetáhnout obrázek do okna Project.

Hierarchy

V tomto okně jdou vidět všechny objekty, které používáme ve scéně pomocí stromové struktury. Jednoduše stačí přetáhnout z okna Project do okna Hierarchy například nějaký objekt, materiál apod. a ihned se zobrazí na scéně, kde s ním může uživatel již provádět různé změny a úpravy. Pro větší přehlednost a správnost se dají objekty v okně Hierarchy přetáhnout do jednoho hlavního, od kterého budou přijímat různé informace například o rotaci v prostoru a podobně. Tento způsob se provádí, když se využívá mnoho stejných objektů najednou. Veškeré objekty jsou vloženy do scény, kterou mám na obrázku pojmenovanou Main. Scén se dá vytvořit několik. Každá scéna má svoji kameru, objekty, světla atd. Je možné tedy vytvořit hlavní menu s tlačítky,

samotná hra, úrovně hry apod. Jednotlivé objekty jdou přidávat pomocí stisknutí pravého tlačítka myši a vložení 3D objektu.

Toolbar

Jedná se o pracovní lištu pro práci s objekty i scénou. Může se zde přepínat a upravovat náhled, rotaci, velikost, vzdálenost nebo posuv objektů. Také je zde možnost zapnout reálnou scénu, která se ihned objeví v okně Game. Nachází se zde možnost práce s vrstvami, pozastavení či krokování scény a také nástroje transformace objektu.

Scene

Toto okno je jedno z nejdůležitějších. Zde se nastavují kamery, světlo, objekty a jejich uspořádání v prostoru a vzniká výsledná aplikace či hra. Navigování a manipulace ve scéně funguje v 3D prostoru pomocí posunu ve třech osách či rotací objektů. Je zde možnost prohlédnout si scénu z různých úhlů a postupně ji měnit a upravovat. Lze zde vytvářet geometrické objekty z různorodých materiálů, udělat plochu, po které se může hráč pohybovat nebo vytvořit kolem zajímavé panorama.

Game

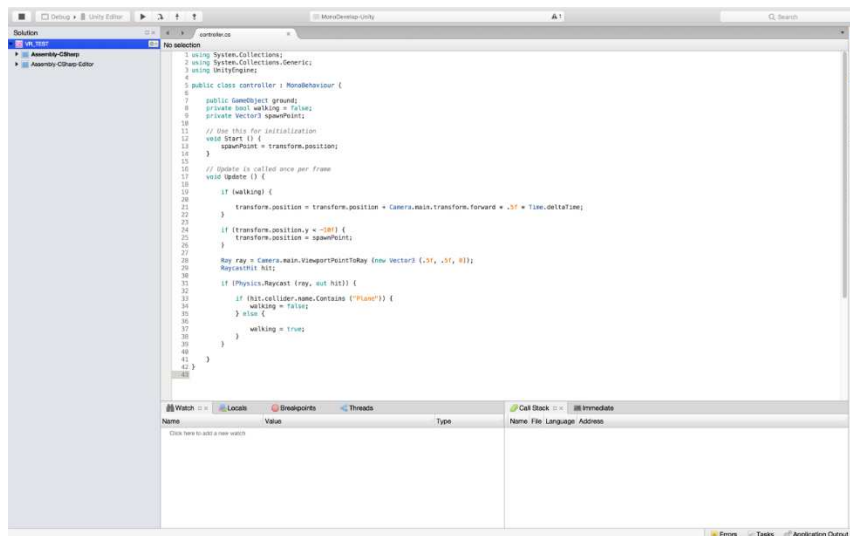
V tomto okně jde vidět vše tak, jak bude výsledná aplikace či hra vypadat z pohledu hráče, respektive kamery. Jde zde simulovat všechny scény a vyzkoušet si, zda vše správně funguje dle představ. Toto okno lze maximalizovat přes celou plochu a vyzkoušet si reálnou scénu v plném rozlišení.

Inspector

V tomto okně se vždy ukáží informace a možnosti pro jednotlivé objekty, které jsou ve scéně využívány. Při kliknutí na daný objekt se v okně Inspector vždy objeví parametry transformace čili umístění v prostoru a rotace. Jako další je zde možnost přidávat různé komponenty pro daný objekt. Můžeme tak danému objektu přidat materiál, odrazivost, světlo, ohraničení objektu pro kolizi s jiným předmětem, zvuky, skripty a mnoho dalšího.

3.2 Vývojové prostředí

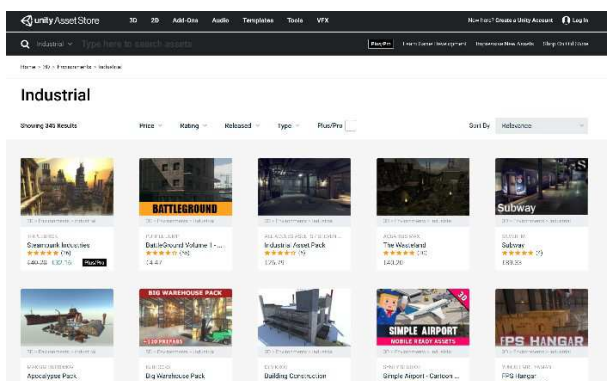
Jednotlivým objektům v Unity se dá přiřadit skript, podle kterého se bude řídit. Unity podporuje dva programovací jazyky C# a Java Script. První z jazyků je nejpoužívanější. Při instalaci Unity se nainstaluje také MonoDevelop. Tento program slouží pro psaní pomocí C# a možnosti naprogramovat jednotlivé objekty v aplikaci. Výhodou je, že dodržuje automatickou strukturu programovacího jazyka a vše zarovnává a našeptává jednotlivé příkazy. Další možností je využít jiného programu pro programování například Visual Studio C#.



Obrázek 11 Vývojové prostředí programu MonoDevelop

3.3 Asset Store

Asset Store je virtuální obchod pro engine Unity. Uživatelé si zde mohou pro své projekty stáhnout různé 3D i 2D objekty, předměty, animace, skripty, audio soubory a mnoho dalšího. Všechny tyto možnosti usnadňují tvorbu aplikací. Tyto položky jsou převážně za poplatek v řádech dolarů, či desítkách dolarů, ovšem některé zde najdeme i ke stažení zdarma. (Unity Asset Store , 2018)

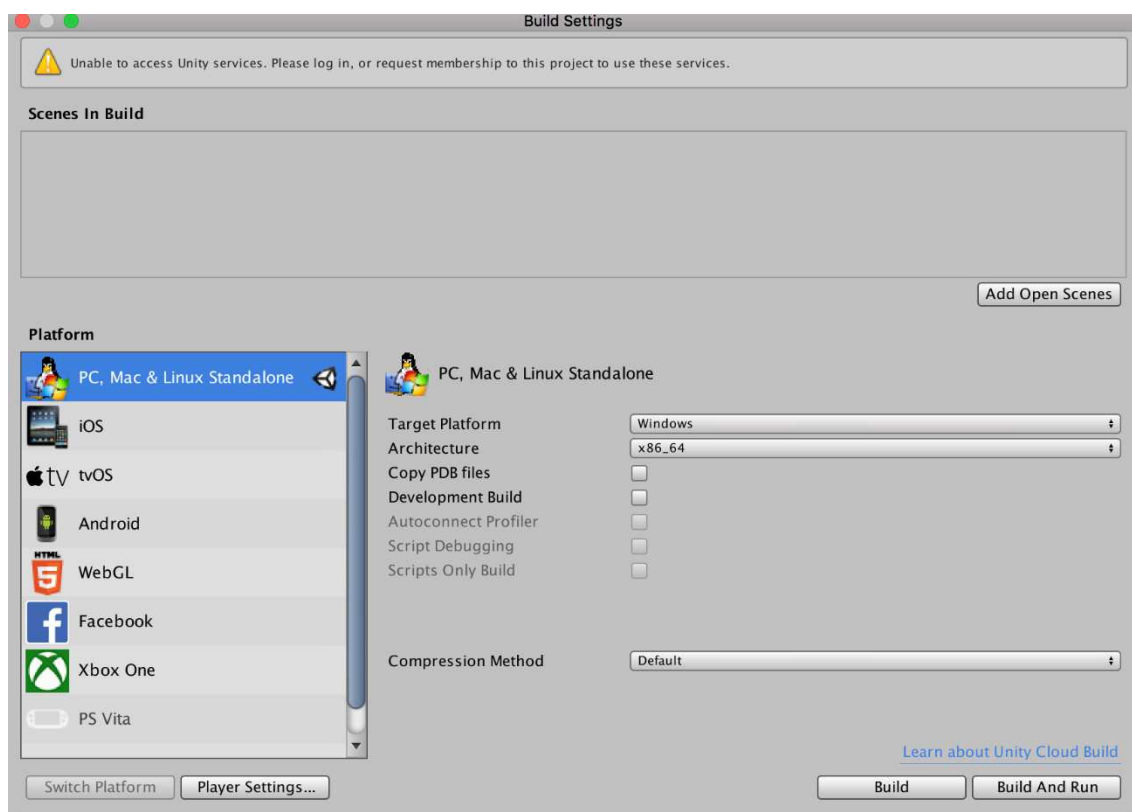


Obrázek 12 Asset store

3.4 Publikace aplikace

Jak jsem již uvedl, program Unity může transformovat aplikace do různých zařízení. K tomu slouží nástroj *Build Settings*. Stačí zde vybrat všechny naprogramované scény, které chceme ve finální verzi použít. Scénám je třeba přiřadit číselné pořadí, aby bylo jasné, která scéna se má otevřít jako první. Vyvinutou aplikaci je možné exportovat pro různé platformy, například iOS, tvOS, Android, Oculus Rift, Xbox, PS Vita, Samsung TV a další.

Rád bych popsal i zveřejnění aplikací, které jsem vytvořil přímo pro zařízení Oculus Rift. Po dokončení aplikací, které jsou níže popsány, je důležité je správně vy publikovat. Při dokončení je důležité projekt vyexportovat do souboru s příponou “exe“. Tento krok najdeme v záložce *File > Build Settings*, kde nastavíme parametry aplikace. Vybereme operační systém Windows a po stisknutí tlačítka *Build* stačí vybrat cestu pro uložení. Na určeném místě se okamžitě vytvoří složka se spouštěcím souborem. Tato složka má mnohonásobně menší kapacitu než samotný původní projekt. Po spuštění startovacího souboru stačí mít připojené zařízení Oculus Rift k počítači a ihned je možné aplikaci ovládat.



Obrázek 13 Publikace aplikace v Unity

4 Návrh a vytvoření vlastní aplikace VR pro výuku

V rámci své bakalářské práce jsem vytvářel návrh vlastní aplikace, které se zaměřuje na oblast výuky. Můj návrh jsem rozdělil na dvě aplikace. Jedna z nich se věnovala otáčení v prostoru pomocí brýlí. Uživatel se může rozhlédnout po celém prostoru. Prostor bude natočen pomocí 360° kamery, upevněné na stativu uprostřed místnosti. Po zpracování 360° videa jej integruji do herního engine Unity a zpracuji ve výslednou aplikaci. Vytvořená aplikace bude sloužit pro demonstrativní účely například na dni otevřených dveří. Uživatel, který bude mít nasazený brýle pro virtuální realitu Oculus Rift, si bude moci prohlédnout místnost v jedné z laboratoří Katedry automatizační techniky a řízení Fakulty strojní, VŠB Technické univerzity Ostrava. V tomto příkladu aplikace nebude fungovat možnost používání ovládačů, neboť zde nebudou žádné vymodelované předměty, které by bylo možné uchopit.

Pro interakci budu vytvářet druhou aplikaci, která již bude plně vymodelovaná. Vytvořím model třídy, kde si uživatel vyzkouší zacházení s ovladači. Tyto ovladače budou sloužit v aplikaci jako reálné ruce, které mohou přemisťovat předmět, a bude zde fungovat pohyb ve vyznačeném prostoru. Uživatel se tedy bude moci posunout z jednoho stanoviště ke druhému a zkoušet různé interakce. Na dvou stanovištích budou různé hry pro naučení se využívání zařízení Oculusu Rift s jeho ovladači. Ovladače jsou pro začátečníka s VR totiž těžce použitelné, ale po pár minutách cviku se je naučí používat. Záhy se mu zdá, že stojí opravdu ve třídě a chytá předměty do vlastních rukou. Podstatou této aplikace bude také vyzkoušení si základních fyzikálních vlastností, které tato aplikace bude moci i simulovat, například síla gravitace na jednotlivé předměty.

Pro vytvoření aplikace jsem používal výše zmíněný engine Unity. Zde je možné vytvářet projekty pro virtuální realitu včetně zařízení Oculus Rift. Tvorba pro Oculus Rift je náročnější, než tvorba aplikací například pro telefony. Aplikace musí být vytvořena ve 3D prostředí a musí být možné otáčet se v daném prostředí ve 360° a rozhlížet se po okolí. Jak jsem již naznačil výše, vytvořil jsem dvě aplikace. Jedna aplikace je určena pouze pro samotné brýle bez ovládačů. V druhé aplikaci je možné interakce s okolím díky brýlím a dvou ovládačům v rukou. Ovladače ve virtuálním prostředí plně nahrazují ruce uživatele tak, že může uchopovat předměty a přenášet je. Ovládání je po pár minutách učení plně intuitivní a uživatel si na něj zvykne. Je možné simulovat činnost prstů ruky, uchopování a podobně. Při vytváření aplikace je důležité si dát pozor na uspořádání objektů v Hierarchii. Objekty by zde pro přehlednost a měly být správně uspořádány do jednotných předmětů.

4.1 Základní vytvoření hráče

Jako první vysvětlím úvodní nastavení projektu v Unity. Vytvořím hráče, který jde ovládat pomocí zařízení Oculus Rift a ovládačů. Na začátku je třeba vytvořit nový 3D projekt v Unity a zabývat se problematikou propojení k Oculusu. V prostředí nového projektu najdeme vždy hlavní kameru, která znázorňuje pohled uživatele. V tomto případě můžu hlavní kameru vymazat, neboť bude nahrazena pohledem pro VR a použití pro Oculus. Je třeba připomenout, že pohled uživatele, který vše uvidí z brýlí, se v Unity nazývá Player (hráč). Jako první je tedy zapotřebí v projektu nastavit hráče pro VR. V záložce *Edit > Project Settings > Player > XR Settings* zaškrtnu *Virtual Reality Supported*. Díky tomuto nastavení je možnost propojení s brýlemi pro VR a rozhlížení se v prostředí. Ovšem potřebuji nastavit další parametry jako je pohyb, definice ve vyznačeném prostoru a v neposlední řadě také pohyb ovládačů. Oculus pro tyto účely zveřejnil dodatky pro ovládání. Jedná se o tři soubory, které je potřeba nastavit. *Oculus Utilities for Unity*, *Oculus Avatar SDK*, *Oculus platform SDK* jsou pluginy, které je nutné nahrát do samotného projektu. Tyto soubory jsou volně stažitelné přímo na webu pro developery Oculus. V pluginu *Oculus Utilities* se nachází prefab *PlayerController*, což je samotný hráč. Tento prefab je nutné nahrát do scény, aby byl zajištěn pohyb. Po importu Oculus Avar SDK přímo do projektu se také nahrál další důležitý prefab *LocalAvatar*. Tento prefab musím umístit přímo do *PlayerControlleru*, který jsem přidával do scény před chvílí. Toto zajišťuje zobrazení a ovládání virtuálních rukou pomocí ovládačů. Do těchto rukou budu moci později chytat předměty. Jako první celému hráči musím přidat komponent *RigidBody* pro přidání dynamiky a fyzikální vlastnosti, jako je například gravitace, aby hráč neuletěl do prostoru. V dalším kroku musím přidat již předem vytvořený skript firmou *Oculus OVR Grabber*. V tomto skriptu definuji přesně, které části z mého hráče jsou ruce, respektive definuji levou a pravou ruku a jejich velikost. Právě ohraničení a velikost rukou definuji pomocí *Sphere Collideru*, který definuje kolizní ohraničení rádiusem, kde stačí vyplnit malou velikost 0,05 unity. V engine Unity je jednotka rozměru s názvem unity, která se v tomto prostředí využívá.

Nyní je potřeba vyzkoušet, zda je hráč nastavený správně a vše funguje. Na začátek musím vytvořit plochu, po které se může hráč pohybovat, aby nespadol ze scény. Tu vytvořím pomocí objektu *Plane* (Plocha). Pro účely demonstrace stačí, když má plocha rozměr 10 x 10 unity. Je potřeba vytvořit objekt, který můžeme uchopit. Pro demonstraci například krychli. V záložce inspektor musím této krychli nadefinovat *Komponenty*. Jako první je třeba přidat *RigidBody* komponent, o jehož vlastnostech jsem

se zmínil již výše. Další důležitý komponent je *Collider*. Jedná se o ohraničení předmětu a jeho kolizních prostor. Jednoduše to znamená prostor, kterým ohraničím například krychli po celé její ploše, kdy při doteku s rukou dojde k uchopení, nebo při pádu na zem k zastavení o podlahu. Při složitějších tvarech jako je například lidská postava je potřeba tento *Collider* vymodelovat přímo pro takto tvarově složité objekty. Naštěstí v unity existuje komponent s názvem *Box Collider*, který vytvoří ohraničí pro kostku automaticky a nemusím jej vytvářet ručně. Pro většinu jednoduchých předmětů se zde nachází *Collidery*, které se automaticky přizpůsobí předmětu po jeho vložení. Poslední komponent, který je nutné definovat v inspektoru je skript *OVR Grabbable*. Jak již název napovídá, zajišťuje možnost uchopení právě tohoto předmětu. Skript byl vytvořen firmou Oculus. Tímto je nastavení okolí hráče dokončeno a po spuštění je možné otestovat, zda vše funguje správně.

Po spuštění programu vše funguje správně. Funguje otáčení hlavy i pohyb v prostoru. Také se ve scéně po spuštění zobrazí virtuální ruce, které je možné ovládat pomocí ovladačů. Po přirozeném mačkání tlačítek na ovládacích také funguje ovládání prstů a tím pádem i uchopování předmětů. Nyní je možné brát krychli do rukou a ovládat ji, neboť se zobrazí virtuální ruce, které je možné ovládat ovladači a máme je správně nastaveny, stejně jako předmět, který chceme uchopit.

4.2 Virtuální prohlídka laboratoře

Jak již název napovídá, první aplikace je virtuální prohlídka laboratoře na katedře ATR. Tato aplikace slouží pro prohlídku v laboratoři na vysoké škole, kde se nachází plno zajímavých prací, jak od studentů, tak od vysokoškolských profesorů. V této místnosti se tedy nachází mnoho předmětů, o kterých může daný uživatel dostat povědomí a zjistit o nich zajímavé informace. Například jak tyto věci fungují, když jsou v provozu a nevidí je pouze na obrázku v učebnici. Díky tomu lépe pochopí danou problematiku a získá silnější prožitek z události.

Pro vytvoření této aplikace je zapotřebí vlastnit 360° kameru, pro pořízení videa. V mém případě jsem využil kameru Samsung Gear 360° z roku 2016. Tato kamera dokáže natočit video v rozlišení 3840 x 1920 pixelů při třiceti snímcích za sekundu. Je také odolná vůči otřesům i vodě. Kamera byla postavena na stativu uprostřed laboratoře, kde jsem s ní natočil zhruba minutové video. Na tomto videu je zachycena celá laboratoř s různými přístroji. Hlavním strojem, který je na videu v pohybu, je trojitě kyvadlo (Samsung Gear 360, 2018)

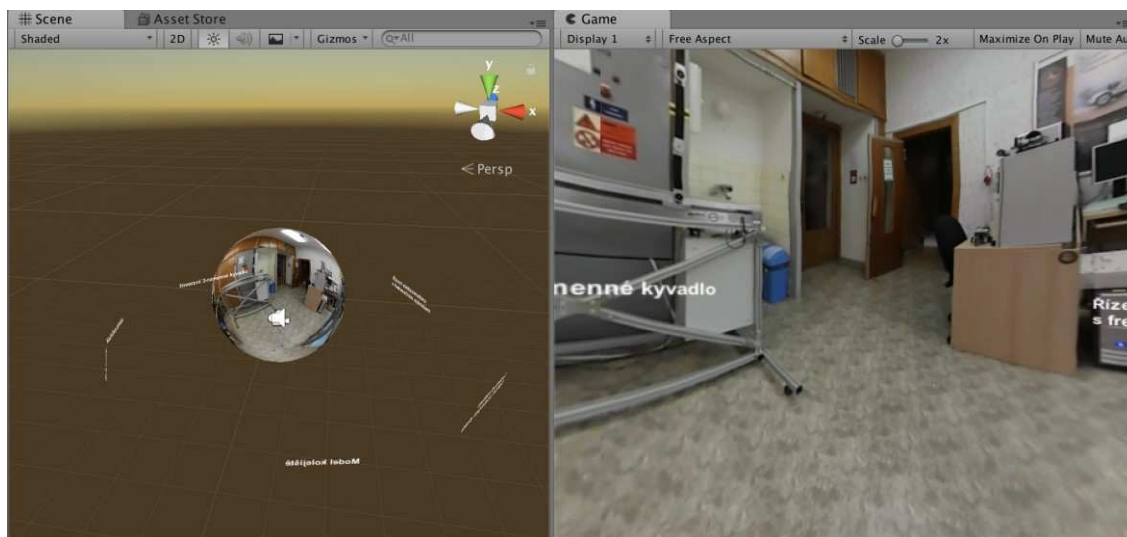


Obrázek 14 360° kamera Samsung Gear (Samsung Gear 360, 2018)

Při záznamu z této kamery je důležité stáhnout video do počítače a následně zpracovat pro použití v Unity. Kamera nahrává ve svém základním formátu, kdy je obraz rozdělen na dvě části. Vedle sebe jsou dvě videa, jedno z jedné kamery a druhé video z té druhé. Obraz tedy není vůbec propojen a je třeba jej přeformátovat. K tomu mi posloužil stejnojmenný program Gear 360. Díky němu můžu video předělat na formát panorama nebo 360°. Tyto formáty jsou již podporovány v Unity, respektive v mém projektu. Video ve správném formátu již mohu nahrát do svého projektu v Unity a dále s ním pracovat.

Nyní již k samotnému programu. Jako předlohu mohu využít předchozí vytvoření samotného hráče, neboť ho nemusím již znovu vytvářet. Z tohoto projektu stačí odstranit plane, jakožto podlahu a krychli, což byl předmět, který se dal přenášet. Do tohoto projektu je třeba vytvořit kouli, která bude obklopovat hráče. Nyní stačí nahrát video jako materiál této koule. K tomuto postačí implementovat do koule komponent *Video Player*. Do tohoto komponentu nahraji předem vytvořené video ve formátu 360°. Při spuštění scény je nyní zajištěno spuštění videa. Ovšem při vytvoření jsem narazil na problém, neboť video se zobrazuje na povrchu koule nikoli uvnitř. Hráč je umístěný uvnitř koule a vidí tedy vše zrcadlově otočeno. Tento problém se dá vyřešit pomocí *Insideout shader*. Jedná se o komponentu, která je volně dostupná a zajistí otočení videa dovnitř koule. Posledním krokem je vložení popisků k jednotlivým zařízením v laboratoři. Pro přehlednost jsem tedy vytvořil šest popisků ke každému zařízení. Tyto texty lze jednoduše vložit do scény a nastavit jim parametry vzdálenosti od středu hráče a natočení ve správném směru. Po spuštění scény vše funguje jak má a texty se zobrazují u správných zařízení. Uživatel může otáčet hlavou a dívat se kolem sebe. Hlavním prvkem je trojitě

kyvadlo, které se vyšvihne nahoru a drží se v rovnovážné poloze. Po projetí nejprve na jednu stranou a poté na druhou stranu se znovu srovná ve středu a kontrolovaně se svěsí znovu k zemi. Následně se celý proces opakuje.

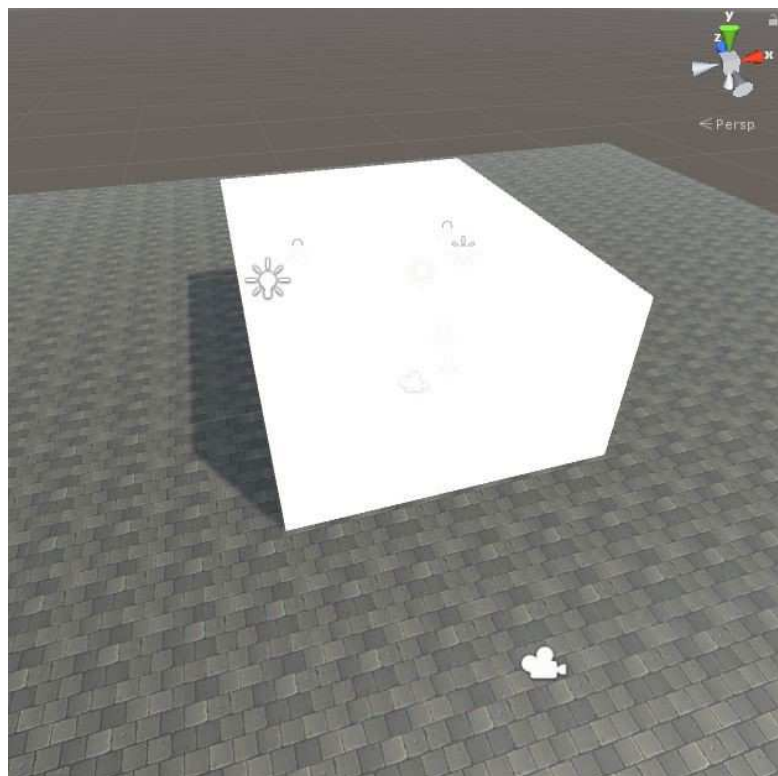


Obrázek 15 Ukázka prohlídky laboratoře

Inverzní 3 - ramenné kyvadlo je balanční systém, u kterého se nachází těžiště nad středem otáčení. Model je zcela unikátní, jelikož jsou vzájemně propojeny tři inverzní kyvadla. To se vymyká jakýmkoliv běžným úlohám z důvodu složitosti a náročnosti algoritmů řízení a přesnosti snímání senzory. Úloha trojitého inverzního kyvadla odpovídá představě třech kyvadel nad sebou, přičemž řízeno je jen spodní kyvadlo, ostatní dvě kyvadla mají řízení vypnuto, pouze jsou snímány jejich natočení v kloubech.

4.3 Výuka pomocí VR

Další aplikace, kterou jsem vytvořil je plně vymodelovaná v prostředí Unity. Je v ní tedy možné již používat ovládače a pomocí virtuálních rukou přesouvat předměty. V této aplikaci jsem vymodeloval dvě stanoviště, kde si hráč bude moci otestovat VR a také používání ovládačů. Zde si uživatel vyzkouší své dovednosti se skládáním kostiček a také otestuje působení gravitace na kuličky. Díky sofistikovanosti programu zde fungují fyzikální zákony stejně jako v reálném světě. Tento projekt také založím na již popsaném prvním projektu, kde mám již základ hráče a plochu, po které se může pohybovat. Jako první v tomto projektu je důležité vymodelovat podlahu a stěny učebny.

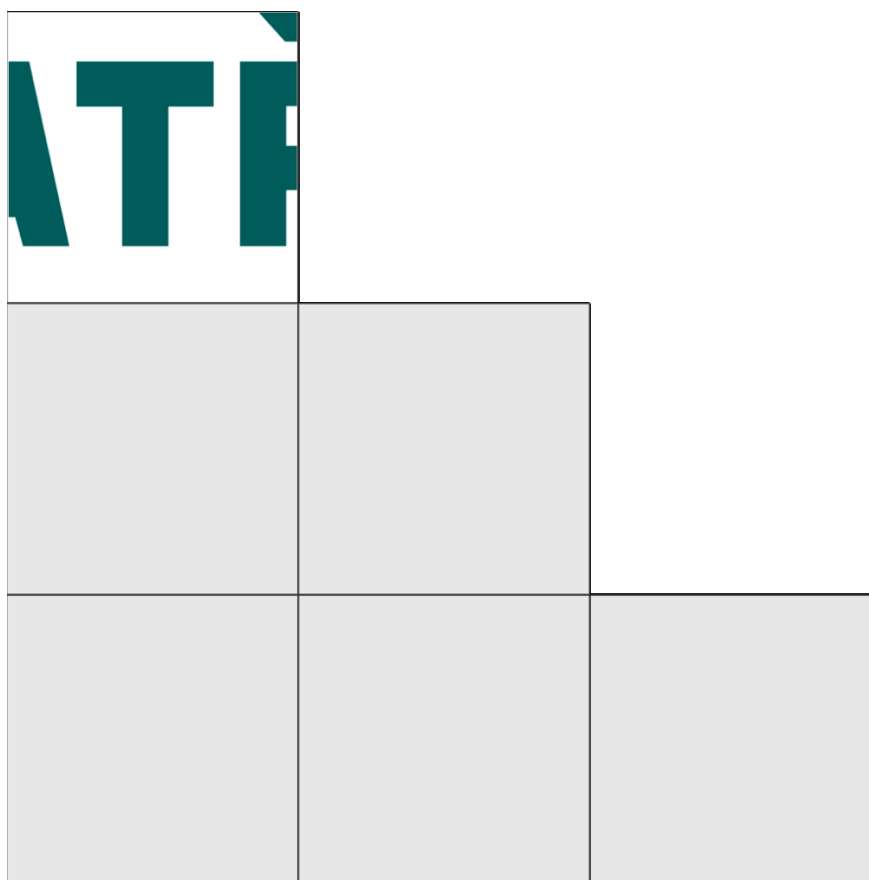


Obrázek 16 Pohled na vymodelovanou učebnu zvenku

Pro podlahu mohu v projektu nechat vymodelovaný plane (plocha). Jako další je třeba vymodelovat stěny učebny. Na tyto stěny použiji kostku, kterou vymodeluji v jednu stěnu učebny tak, aby byla v poměru hráčem reálná. Dále ji nakopíruji a vytvořím ostatní stěny místnosti včetně stropu. Velmi důležitou částí pro reálný pocit z virtuální reality jsou materiály. V tomto kroku je důležité využívat *Unity Asset store* dostupný na assetstore.unity.com. Jedná se o webovou stránku, kde se nachází spousta materiálů a předmětů, skriptů, animací a mnoho dalšího pro vývoj právě v Unity. Většina věcí je placená, ale najdou se i uživatelé, kteří své výtvořky dávají ke stažení zdarma. Stáhl jsem odtud tedy materiál dlažby pro podlahu, materiál pro stěnu a vložil je do jednotlivých objektů. Tímto byla hrubá místnost hotová.

Jako další vylepšení jsem dlouho hledal objekty, které by do konceptu třídy zapadaly. Našel jsem tedy vymodelované školní lavice, židle, počítač, tiskárnu, knihu apod. Všechny tyto objekty měli již vymodelované i materiály, to znamená, že vypadaly opravdu reálně a stačilo je zasadit do prostředí laboratoře tak, aby tvořily jednotný koncept učebny či laboratoře. Pro vylepšení konceptu jsem na strop zavěsil i model projektoru. Na stěně je zavěšená i školní tabule. Problém v místnosti je takový, že zde neprosvítá světlo, které v projektu znázorňuje světlo slunce. Je proto nutné vymodelovat vlastní světlo. Našel jsem tedy i model stropních lamp a spojil je světlem v unity a nastavil jeho parametry tak, ať osvětlují celou místnost.

Nyní k samotnému stanovišti v učebně, kde je vymodelovaný hráč. Kolem něj jsem umístil dva stoly, na nichž jsou dvě stanoviště s úkoly. První úkol se týká poskládání kostiček do předem připravené krabice. Po poskládání kostiček na správné místo, vytvoří uživatel znak ATŘ (Katedra automatizační techniky a řízení). Nejprve jsem musel vzít logo katedry ATŘ a rozdělit jej na devět stejných částí ve tvaru čtverce. K vyřešení tohoto problému jsem využil program *PosteRazor*. V tomto programu jsem dokázal rozdělit logo na devět stejných čtverců, které jsem mohl dále použít. Pro vymodelování kostiček s materiálem jsem musel použít program *Blender*. Jedná se o program pro výrobu objektů a jejich materiálů do Unity. V mém případě jsem v tomto programu vytvořil krychli, která bude mít speciální materiál, a to část obrázku ATŘ na jedné z jejích stran. Při vymodelování krychle musí dojít k rozřezání krychle tak, aby se jednotlivé části mohly zobrazit ve 2D prostoru. Při rozdělení jsem tedy dostal šest čtverců, do nichž jsem mohl vložit jednotlivé obrázky. Měl jsem tedy model materiálu, který stačilo nakopírovat a do těchto devíti materiálů vložit rozdělný obrázek. Do jednoho materiálu jsem tedy přidal jeden čtverec obrázku. Toto jsem mohl udělat v nativním programu *Náhled*, který nabízí operační systém macOS a tuto jednoduchou operaci s přehledem zvládne.



Obrázek 17 Ukázka materiálu pro prostřední krychli

Při otevření materiálu jsem vložil jednotlivé obrázky a uložil je do projektu v Unity společně s vymodelovanou krychlí. Nyní se znovu přesunu do projektu v Unity, kde domodeluji první hru. Jako první jsem do projektu vložil vymodelovanou krychli v Blenderu a umístil ji na pracovní stůl před hráče. Tuto krychli jsem nakopíroval devět krát. Do každé krychle jsem vložil již předem vytvořený materiál, jehož jedna strana vždy nese část loga. Nyní jsou kostičky hotové a je třeba pouze vymodelovat bedničku, do které se budou kostičky skládat. Pro vymodelování jsem použil v Unity přesně poskládané kostky do tvaru bedny. Pro simulaci bedny jsem přidal materiál dřeva. Před spuštěním a vyzkoušením jsem musel vložit do jednotlivých objektů patřičné komponenty. Do všech objektů jsem vložil *Box Collider*, který zajistí ohraničení kolize a nepropadávání. Stoly a bedna se nebudou pohybovat, jsou tedy staticky umístěny v místnosti. Kostičky se znakem ovšem potřebují dynamiku a možnost uchopení. Musím do všech těchto kostiček vložit ještě komponenty *RigidBody* pro dynamiku a *OVR Grabbable* pro možnost uchopení objektu. Po spuštění aplikace zjišťuji, že vše funguje jak má a je možno sestavit znak katedry přenesením kostiček do předem vytvořené statické bedýnky. Pro zjednodušení jsem ještě na stěnu učebny přímo před hráče umístil znak katedry jako předlohu pro jednodušší sestavení. Na tomto stanovišti si uživatel může vyzkoušet uchopování a přenášení kostiček do předem připravené bedny a procvičí nejen uchopy rukou ve VR, ale také svůj postřeh pro správné poskládání kostiček.

Jako další stanoviště jsem zvolil možnost uchopování kuliček a vložení na dráhy. Při tomto si uživatel vyzkouší přenášení a dynamiku jednotlivých kuliček a na jednotlivých drahách si může ukázat, jak působí sklon dráhy na kuličku. Jako první je potřeba vytvořit bedýnku, ve které budou jednotlivé kuličky. Bedýnku jsem již vytvořil na předchozím stanovišti. Stačilo jí tedy nakopírovat a trochu zvětšit rozměry. Vytvoření kuliček bylo poměrně jednoduché. V Unity stačilo vložit tři koule na místo nad bednu a pro přehlednost jsem jim přiřadil barvy modrá, zelená a červená. Jednotlivé kuličky jsem několikrát nakopíroval, abych zaplnil větší část bedýnky. Samozřejmě všem koulím jsem musel přidat komponenty *RigidBody*, *Sphere Collider* a v neposlední řadě *OVR Grabbable*. Pro vytvoření jednotlivých drah jsem zvolil znovu správné poskládání a vymodelování tří krychlí do tvaru dráhy. Tuto dráhu jsem poté třikrát nakopíroval a urovnal vedle sebe. Každé dráze byla přiřazena stejná barva, jaké jsou barvy kuliček a dráhy jsem natočil pod rozdílným úhlem směrem k zemi. Naklonění pro tyto dráhy jsem rozdělil následujícím způsobem. Zelená dráha má naklonění 10°, modrá 20° a červená 30°. Na konec této dráhy jsem přidal znovu nakopírovanou bedýnku, aby se kuličky

nekulátelely po zemi, ale byly uloženy v bedýnce. Tato bedýnka má přepážky, aby se kuličky rozdělily i podle barvy a došlo tak k třídění. Po spuštění projektu jsem vyzkoušel uchopování kuliček a vložení na jednotlivé dráhy. Díky tomuto stanovišti si uživatel může vyzkoušet uchopování jiných předmětů, konkrétně kuliček a přesouvání na připravené dráhy. Po přesunutí na dráhy může spustit dvě kuličky zároveň a uvidí, která z kuliček spadne z dráhy jako první. Na tomto modelu otestuji, že naklonění dráhy má vliv na rychlost kuličky.



Obrázek 18 Finální verze projektu

5 Zhodnocení aplikací

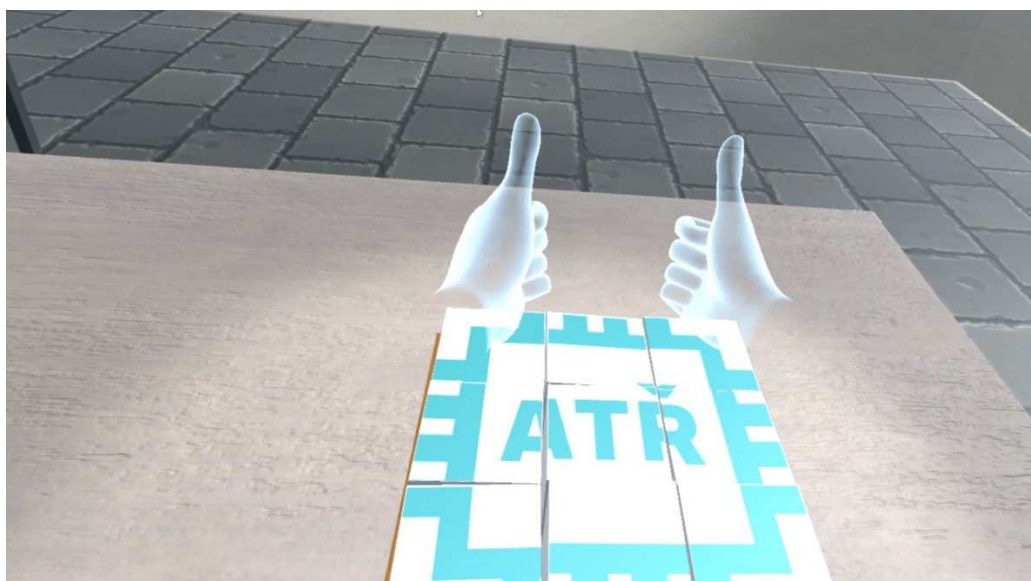
Rád bych provedl zhodnocení mých aplikací. V konečném znění jsem provedl dvě rozdílné aplikace. Obě aplikace byly vytvořeny v enginu Unity. V těchto aplikacích byly použity také předměty staženy z Asset Storu.

První aplikace je virtuální prohlídka laboratoře Katedry automatizační techniky a řízení. Díky této aplikaci je možné sledovat všechny projekty vytvořené studenty i profesory, které se nachází v této místnosti. Díky tomu, že se nejedná pouze o obrázek ale o video dokonce ve 360°, snadno se uživatel této aplikace ocitne uprostřed laboratoře a může se učit o jednotlivých zařízeních. V této aplikaci se může uživatel podívat na funkci 3 - ramenného inverzního kyvadla. Potenciál této aplikace je skvělý. Funguje jako prostředek pro učení. Uživatel by se mohl přenést do jakékoliv laboratoře a následně studovat činnosti a objekty uvnitř. Může například sloužit jako prostředek pro sledování různých prací v jiných laboratořích, továrnách, muzeích, školách a mnoha dalších institucích. Tato aplikace se dá kromě zařízení Oculus Rift také implementovat do jiných zařízení jako jsou například mobilní telefony s použitím Google Cardboard. Proto je rozšiřitelnost této aplikace obrovská. Pro vylepšení je možné použít 360° kameru s vyšším rozlišením a proto i lepší obrazem. Určení směru dalšího vývoje se dají navrhnout možnosti natáčení v ještě atraktivnějších prostorech: například světové laboratoře s pracovníky, střediska NASA a podobně.



Obrázek 19 Pohled uživatele při prohlídce laboratoře

Nyní přejdu k popisu druhé, plně vymodelované aplikace. Jedná se o projekt, který slouží pro naučení se zacházení se zařízením Oculus Rift a seznámení se s virtuální realitou. Ve vymodelované místnosti jsou dvě stanoviště, kde si uživatel vyzkouší přenášení předmětu, skládání kostiček do předem navrženého obrazce a přesun kuliček na vymodelované dráhy. Při skládání kostiček si uživatel vyzkouší přesouvání objektů a využití ovládačů zařízení Oculus Rift. Také si uživatel vyzkouší svůj postřeh i logické uvažování při skládání kostiček do předem připravené bedýnky. Kostičky musí být přesně poskládány dle plánu. Po složení vznikne logo Katedry automatizační techniky a řízení, jak lze mimo jiné vidět na obrázku níže. Toto skládání kostiček může být použito pro mladší i starší uživatele, kteří mohou skládání provádět i na čas a otestovat si tak své dovednosti. Existuje mnoho směrů rozšíření. Místo kostiček lze například vymodelovat součástky motoru, které se uživatel může snažit spojit v jednotný motor. Nebo složit jakoukoliv jinou součástku. Co se týče druhého stanoviště, zde si uživatel vyzkouší přenášení barevných kuliček na nakloněné roviny, v rámci které lze pozorovat fyzikální zákony ve virtuální realitě. Při vložení barevně rozlišených kuliček na jednotlivé rampy zjistí, že při větším náklonu rampy se kulička pohybuje rychleji. Čím větší je naklonění roviny, tím rychleji kulička spadne z rampy do připravené bedny. Také při správném vkládání dojde k barevnému rozlišení kuliček. Tenhle model slouží pro čistě demonstrativní účely. Při rozšířenějším modelování je zde možné vytvořit například pásový dopravník a zkusit různá zatížení na něj, následné chování pásů a podobně. Rozšiřitelnost tohoto prostředí tedy nemá skoro žádná omezení a je zde možné vymodelovat prakticky cokoli. Následné vyzkoušení a otestování jakéhokoliv modelu stojí méně peněz než reálné sestavení zařízení.



Obrázek 20 Pohled uživatele v druhé aplikaci

6 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout a vytvořit aplikaci pro výuku pomocí virtuální reality. Součástí této práce bylo potřeba také popsat dostupná zařízení pro VR a možnosti vývoje aplikací pro zařízení Oculus Rift.

Virtuální realita je rozšířený pojem a dá se interpretovat mnoha způsoby. Proto jsem první bod věnoval právě popisu, co to je virtuální realita a jak se liší od rozšířené reality. Ačkoliv se mohou na první pohled tyto reality jevit jako stejné, rozdíly jsou v nich velké a nemůžeme je zaměňovat. VR je vymodelované prostředí, do kterého se uživatel plně ponoří a nevnímá reálný svět. Pro možnost využívání VR existuje mnoho zařízení, které jsem v mé práci popsal. Zaměřil jsem se na komerčně dostupná zařízení, která se dají běžně pořídit v obchodech. Všechna popsaná zařízení jsem měl možnost vyzkoušet si a porovnat jejich výhody, či nevýhody. Hlavní produkt, kterým jsem se zabýval, bylo zařízení Oculus Rift.

Prozkoumal jsem také trh s aplikacemi pro VR se zaměřením na výuku. Dostupné aplikace, které byly nejzajímavější, jsem popsal v mé práci. Uvedené aplikace mají obrovský význam pro školství, ale také například pro firmy při různých typech školení. Dnešní studenti mnohdy trpí nezájmem o danou problematiku a mnohdy výklad nevnímají nebo nepochopí správně i díky nedostatečným školním pomůckám. Virtuální realita je nový prostředek pro učení, který zaručeně zaujme. Uživatel pomůže lépe vniknout do dané problematiky. Jeden z mnoha dobrých příkladů je aplikace Expedition, která pomůže uživateli se přenést na různá místa světa. Zážitek z virtuální reality je mnohem intenzivnější a uživatel si pamatuje více věcí, než například při prohlížení obrázků v učebnici.

V mé práci jsem zkoumal možnosti vývoje aplikací pro zařízení Oculus rift. Zaměřil jsem se na engine Unity, který je jeden z nejpoužívanějších při vývoji aplikací pro Oculus Rift. Popsal jsem základní funkce tohoto programu a možnosti vývoje aplikací v tomto prostředí. V tomto prostředí jsem vytvořil i své aplikace.

Praktickou část jsem rozdělil na dvě aplikace, které jsem zpracoval v prostředí Unity. Obě aplikace jsou určené pro zařízení Oculus rift. První z aplikací je Virtuální prohlídka laboratoře, pro kterou jsem použil video z 360° kamery. Díky této aplikaci se může uživatel objevit ve vysokoškolské laboratoři, kde uvidí mnoho zařízení, která si může prohlédnout. Tato aplikace může fungovat na dni otevřených dveří VŠB - TUO. Druhá aplikace je již plně vymodelovaná a je zde možnost interakce s různými předměty. V aplikaci jsou dvě stanoviště a je zde možné přesouvat předměty z místa na místo

a skládat například kostičky do předem vymodelovaného loga. Uživatel se naučí používat ovladače Oculus Touch a také zde musí zapojit i svou představivost.

Tyto mnou vytvořené aplikace mají mnohem širší využití. Místo videa z laboratoře je možnost použít natočené video z kteréhokoliv koutu světa. Uživatel se tak může jednoduše objevit kdekoliv na světě. Co se týče druhé aplikace, je zde možnost místo skládání kostiček do předem určeného tvaru například skládat součástky motoru do jednoho celku. Potenciál těchto aplikací je velký a dá se využít v mnoha oblastech. Obě aplikace byly otestovány a fungovaly bez problémů. Mohou tedy sloužit pro učení jiných uživatelů. Ve VR je budoucnost a bylo by dobré pokračovat ve vývoji těchto nebo podobných aplikací, které jsou určené pro výuku.

7 Literatura

Alza.cz [online]. Praha: Alza.cz, 2018 [cit. 2018-02-06]. Dostupné

z: <https://www.alza.cz>

AUKSTAKALNIS, Steve a David BLATNER. Reálně o virtuální realitě. Reálně o virtuální realitě. Brno: Jota, 1994, s. 283. ISBN 80-85617-41-2.

GOOGLE UK. Google Expeditions for the UK: Take your students around the world in VR. In: *Youtube* [online]. Kalifornie: Google, 2005, 14. 11. 2016 [cit. 2018-02-08].

Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=n29VQwW-03o>

HODÁL, Pavel. Expedice Google a virtuální výprava do plíc v hodině přírodopisu. *Ty Brd'o* [online]. Pavel Hodál, 2017, 27. 5. 2017 [cit. 2017-12-29]. Dostupné

z: <https://tybrdo.cz/informatika-clil/expedice-google-a-virtualni-vyprava-do-plic-v-hodine-prirodopisu-jak-na>

HORYNA, Jiří. Rozšířená realita (Augmented Reality). *Eman.cz* [online]. Praha: eMan, 2017 [cit. 2017-11-20]. Dostupné z: <https://www.eman.cz/sluzby/mobilni-aplikace-vyvoj/rozsirena-realita-augmented-reality/>

HUNT, Cale. Oculus Rift: The Ultimate Guide. In: *VRheads* [online]. USA: Mobile Nations, 27. 12. 2017 [cit. 2018-02-08]. Dostupné z: <https://www.vrheads.com/oculus-rift>

ION, Florence. Tilt Brush creations can now be exported to other projects. In: *Androidcentral* [online]. Inverness: Mobile Nations, 2016 [cit. 2017-12-29]. Dostupné z: <https://www.androidcentral.com/your-tilt-brush-creations-can-now-be-exported-other-projects>

JENČO, Branislav. Princípy imerzivnej virtuálnej reality: skúsenosti pri spracovaní vlastného projektu [online]. Brno, 2016 [cit. 2017-12-29]. Dostupné z: http://is.muni.cz/th/397519/fss_m/. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Fakulta sociálních studií. Vedoucí práce Leo Nitče.

KEJKLUŠ, Radek. Virtuální realita HTC Vive: tohle 3D chcete!. *Cnews* [online].

Praha: Mladá fronta, 2016, 25. 5. 2016 [cit. 2017-12-29]. Dostupné

z: <https://www.cnews.cz/virtualni-realita-htc-vive-tohle-3d-chcete-osobni-zkusenost/>

MATISEK, Jirka. Jak virtuální realita změní způsob vzdělávání. *Medium* [online]. Medium, 2017, 1. 12. 2017 [cit. 2017-12-29]. Dostupné z: <https://medium.com/@jmatisek/jak-virtuáln%C3%AD-realita-změn%C3%AD-způsob-jakým-se-vzděláváme-12d9f4cc08a5>

Oculus/developers [online]. USA: Oculus VR, 2018 [cit. 2017-12-29]. Dostupné z: <https://developer.oculus.com>

Unity Asset Store [online]. Kalifornie: Unity Technologies, 2018 [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: <https://assetstore.unity.com>

PITA, Pierre. Full List of Best VR Games for the Oculus Rift. In: *VR Times* [online]. Seattle: Virtual Reality Times, 2014, 18. 7. 2017 [cit. 2018-02-08]. Dostupné z: <https://virtualrealitytimes.com/2017/07/18/full-list-of-best-vr-games-for-the-oculus-rift/>

PlayStation VR [online]. London: Sony Interactive Entertainment Europe Limited, 2017 [cit. 2017-1- -29]. Dostupné z: <https://www.playstation.com/cs-cz/explore/playstation-vr/>

PROSSER, Marc. 5 oblastí, do kterých může VR přinést revoluci. *Redbull* [online]. Praha: Marc Prosser, 2017, 16. 5. 2017 [cit. 2017-12-29]. Dostupné z: <https://www.redbull.com/cz-cs/virtualni-realita-moznosti-prehled>

Samsung Gear 360. In: *ELECTRO WORLD* [online]. Praha: Electro World, 2018 [cit. 2018-05-07]. Dostupné z: https://www.electroworld.cz/samsung-gear-360-kamera?gclid=EAIaIQobChMIgKqdhIXz2gIV2ojVCh2svAAnEAQYASABEgLD2vD_BwE

TUREK, Boris. Oculus Rift a jeho využití ve vzdělávání [online]. Brno, 2016 [cit. 2017-12-29]. Dostupné z: <http://theses.cz/id/x0n6wk/>. Bakalářská práce. Masarykova univerzita, Filozofická fakulta. Vedoucí práce RNDr. Michal Černý.

Unimersiv [online]. Berlín: Baptiste Grève, 2015 [cit. 2017-12-29]. Dostupné z: <https://unimersiv.com> WESTON, Lanpher.

VEČEŘA, František. Moderní digitální technologie ve školství - škola budoucnosti [online]. Olomouc, 2017 [cit. 2017-12-29]. Dostupné z: <http://theses.cz/id/abuk3e/>. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Pedagogická fakulta. Vedoucí práce doc. Ing. Čestmír Serafin, Dr..

VICE MEDIA. Inmates Are Using VR For A Chance To Get Out Of Prison.
In: *Youtube* [online]. Kalifornie: Google, 2005, 27. 12. 2017 [cit. 2018-02-05].
Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=s7hPBZxHvk4>

Vive [online]. Tchaj-wan: HTC Corporation, 2011 [cit. 2017-12-29]. Dostupné
z: <https://www.vive.com/>

VOJTĚCH, Petr. Solirax vidí budoucnost vzdělávání ve virtuální
realitě. *Mobilenet.cz* [online]. Praha: 24net, 2016, 31. 10. 2016 [cit. 2017-12-29].
Dostupné z: <https://mobilenet.cz/clanky/solirax-vidi-budoucnost-vzdelavani-ve-virtualni-realite-31505>

VOŽENÍLEK, David. Pohled do budoucnosti. Virtuální a rozšířenou realitu čeká obří
boom. *Technet.cz* [online]. Praha: David Voženílek, 2016, 20. 7. 2016 [cit. 2017-12-29].
Dostupné z: https://technet.idnes.cz/virtualni-rozsirena-reality-pokemon-go-zisky-f4l-/tec_technika.aspx?c=A160716_185757_tec_technika_dvz